



# Richtlinie

## über Abgasmessgeräte für Baumaschinen

vom 17. März 2000 (Stand 20. Juni 2007)

---

### 1 Gegenstand

- 1.1 Dieser Richtlinie unterliegen Abgasmessgeräte (Geräte), welche zur Kontrolle der Abgasemission von Baumaschinen gemäss Anhang 2 Ziffer 88 der Luftreinhalteverordnung vom 16. Dezember 1985<sup>1</sup> dienen.
- 1.2 Die Richtlinie regelt die Anforderungen an die Bauart, das Vorgehen bei der Bauartprüfung, das Vorgehen bei den Kontrollen der im Betrieb befindlichen Geräte und die Zuständigkeiten.
- 1.3 Voraussetzungen für den Einsatz eines Geräts gemäss Ziffer 1.1 sind die Übereinstimmung mit der geprüften Bauart und die bestandenen Erst- und Nachkontrollen.

### 2 Begriffe

#### 2.1 Metrologische Begriffe

Die metrologischen Begriffe richten sich nach dem internationalen Wörterbuch der Metrologie (VIM<sup>2</sup>) und nach der Richtlinie OIML R 99<sup>3</sup>.

#### 2.2 Justierung mit Gas<sup>4</sup>

Bei einer "Justierung mit Gas" wird der Benutzer aufgefordert, die für die Justierung notwendigen Vorkehrungen zu treffen. Anschliessend wird die Justierung automatisch durchgeführt. Eine Justierung kann durch das Gerät oder den Benutzer ausgelöst werden.

Als notwendige Vorkehrungen gelten beispielsweise die geeignete Zufuhr von Null- und Kalibriergasen und die Eingabe der Konzentrationen der Gasbestandteile.

#### 2.3 Nullgas

Nullgas besteht aus synthetischer Luft mit typischerweise 791 mmol/mol Stickstoff (N<sub>2</sub>) und 209 mmol/mol Sauerstoff (O<sub>2</sub>) oder aus gleichwertig aufbereiteter Umgebungsluft.

---

<sup>1</sup> SR 814.318.142.1

<sup>2</sup> Internationales Wörterbuch der Metrologie = International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology (VIM); Hrsg.: DIN; 2. Auflage 1994; ISBN 3-410-13086-1

<sup>3</sup> International Recommendation OIML R 99: Instruments for measuring vehicle exhaust emissions, Edition 1998 (E)

<sup>4</sup> VIM Ziffer 4.30

## 2.4 Justierung mit Nullgas

Bei der Justierung mit Nullgas wird die Anzeige des Geräts für den Sauerstoffdetektor auf dessen Gehalt im Nullgas (bei getrockneter Umgebungsluft 209 mL/L) und für die übrigen Gasdetektoren auf 0 mL/L gestellt.

## 2.5 Kalibriergas

Kalibriergas ist ein stabiles Gasgemisch oder ein Satz stabiler Gasgemische zertifizierter<sup>5</sup> Konzentration. Es wird für die Justierung und Kalibrierung von Geräten sowie für Funktionsprüfungen verwendet.

## 2.6 Justierung mit Kalibriergas

Bei einer Justierung mit Kalibriergas wird die Anzeige für die Gasdetektoren des Geräts auf die Werte gemäss Zertifikat des Kalibriergases gestellt.

## 2.7 Justierintervall

Das Justierintervall bezeichnet die Spanne zwischen einer Justierung mit Kalibriergas und dem Zeitpunkt, in dem das Messgerät automatisch die nächste Justierung mit Kalibriergas verlangt<sup>6</sup>.

## 2.8 Anwärmzeit

Die Anwärmzeit ist die Zeitspanne zwischen dem Einschalten des Geräts und dem Zeitpunkt, zu dem das Gerät eine Messung zulässt.

## 2.9 Grober Fehler

Als grober Fehler wird eine Messabweichung<sup>7</sup> bezeichnet, welche grösser ist als die Fehlergrenze.

Die folgenden Messabweichungen werden nicht als grobe Fehler angesehen:

- a) eine vorübergehende Messabweichung in Form einer augenblicklichen Abweichung der Anzeige, die nicht als Messergebnis ausgewertet, aufgezeichnet oder übertragen werden kann, und
- b) eine Messabweichung, die zu so grossen Änderungen der Messergebnisse führt, dass sie von allen Gerätebenutzern erkannt wird.

## 2.10 Kontrolleinrichtung

Als Kontrolleinrichtung wird eine automatische Funktionsprüfung bezeichnet. Eine Kontrolleinrichtung vom Typ P ist während der Messung kontinuierlich wirksam. Eine Kontrolleinrichtung vom Typ I wird in bestimmten Zeitabständen oder nach einer festen Anzahl von Messzyklen wirksam.

# 3 Technische Anforderungen an die Geräte

Die technischen Anforderungen an die Geräte sind in Anhang 1 aufgeführt.

---

<sup>5</sup> Die Zertifizierung der Gaskonzentrationen erfolgt durch ein akkreditiertes oder als gleichwertig anerkanntes Kalibrier- oder Prüflabor.

<sup>6</sup> Das Justierintervall ist im Gerät einprogrammiert und kann eine Funktion der Zeit oder des Produkts aus Zeit und mittlerer Konzentration einer bestimmten Abgaskomponente sein.

<sup>7</sup> VIM Ziffer 3.10

#### **4 Konformitätsprüfung**

- 4.1 Der Antrag für eine Konformitätsprüfung ist an das Bundesamt für Metrologie METAS, Lindenweg 50, 3003 Bern-Wabern zu richten.
- 4.2 Die Konformitätsprüfung der Geräte erfolgt gemäss Anhang 2.
- 4.3 Der erfolgreiche Abschluss der Prüfung wird in einem Konformitätszertifikat nachgewiesen.
- 4.4 METAS stellt Rechnung nach der Verordnung vom 6. November 2002<sup>8</sup> über die Gebühren des Bundesamtes für Metrologie.

#### **5 Kontrolle der in Betrieb befindlichen Geräte**

- 5.1 Für die Gewährleistung der Messbeständigkeit müssen die Geräte periodisch auf ihre Funktionstüchtigkeit geprüft werden.
- 5.2 Die Geräte müssen nach der Installation einer Erstkontrolle gemäss Anhang 3 unterzogen werden.
- 5.3 Die Geräte müssen jährlich einer Nachkontrolle gemäss Anhang 3 unterzogen werden.
- 5.4 Erst- und Nachkontrollen haben durch eine von METAS dafür ermächtigte Stelle zu erfolgen.
- 5.5 Geräte, welche alle Kontrollen bestanden haben, sind mit einer Marke zu versehen, welche das Kontrolldatum und die Kontrollstelle angibt. Geräte, welche nicht alle Kontrollen bestanden haben, müssen klar gekennzeichnet werden.

Bundesamt für Metrologie und Akkreditierung  
(seit dem 1. April 2006 Bundesamt für Metrologie METAS)

Wolfgang Schwitz, Direktor

---

<sup>8</sup>

SR 941.298.2

## Anhang 1

### Anforderungen an Geräte, Messabläufe und Selbsttests

#### 1 Allgemeines

Die Messgeräte (Geräte) bestimmen die Volumenanteile<sup>9)</sup> von Abgasbestandteilen aus Selbstzündungsmotoren (Motoren) mit geringer Partikelemission (z. B. vermindert durch Partikelfilter) und die Parameter, die zur Festlegung des Motorbetriebs während der Abgasmessung notwendig sind.

Die Volumenanteile folgender Abgasbestandteile werden gemessen: Sauerstoff (O<sub>2</sub>), Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Kohlenwasserstoffe (HC, entsprechend n-Hexan<sup>10)</sup>).

Folgende Motorparameter werden gemessen: Drehzahl  $n$ , Abgastemperatur  $T_{Ab-gas}$  und Motorenöltemperatur  $T_{Öl}$ .

#### 2 Wesentliche Bauteile des Geräts

Das Gerät besteht im Wesentlichen aus folgenden Bauteilen (Abbildung 1):

- einer Entnahmesonde, die in das Auspuffrohr des Motors eingeführt wird, um die Abgasprobe zu entnehmen und die Gastemperatur des Abgases am Eintrittspunkt in die Sonde zu bestimmen,
- einer an die Entnahmesonde angeschlossenen Schlauchleitung, durch welche die Abgasprobe zum Gerät geführt wird,
- einer Pumpe, welche die Abgase durch das Gerät fördert,
- einem Wasserabscheider vor den Sensoren, durch den verhindert wird, dass Wasser im Inneren des Geräts kondensiert,
- einem Partikelfilter, durch den Partikel, die eine Verschmutzung verschiedener empfindlicher Teile des Gerät bewirken können, entfernt werden,
- Einlassöffnungen hinter dem Wasserabscheider und dem Partikelfilter, um Null- und Kalibriergas einzuleiten,
- einem System von Detektoren zur Analyse der Gasproben,
- einem System zur Erfassung der Motorendrehzahl<sup>11)</sup>,
- einem System zur Erfassung der Temperatur des Motorenöls,
- einem Datenverarbeitungssystem zur Signalverarbeitung und einer Anzeigeeinrichtung für die Messergebnisse,
- einer Steuereinrichtung zur Ein- und Ausgabe von Geräteoperationen, Geräteinformationen und Meldungen zu Messablauf, Justierung etc., und
- einem Drucker.

---

<sup>9)</sup> Während bei Kalibriergasen die Konzentrationen als Stoffmengenanteile (mol/mol) angegeben werden, zeigen die Geräte die Werte als Volumenanteile an. Die Werte für die Volumenanteile und die Stoffmengenanteile werden in der Richtlinie als identisch angenommen.

<sup>10)</sup> Das Nachweisprinzip für Kohlenwasserstoffe (engl.: hydrocarbons, Abk.: HC) basiert auf der Infrarotabsorption von Gasen. Gerätetypen, die auf anderen Nachweisprinzipien basieren, aber den technischen Anforderungen und den entsprechenden Prüfungen genügen, sind nicht ausgeschlossen.

<sup>11)</sup> Die Drehzahlmessung erfolgt beispielsweise mittels Klemmgeber, OT-Geber (OT = oberer Totpunkt) oder optischer Erfassung am Schwungrad.

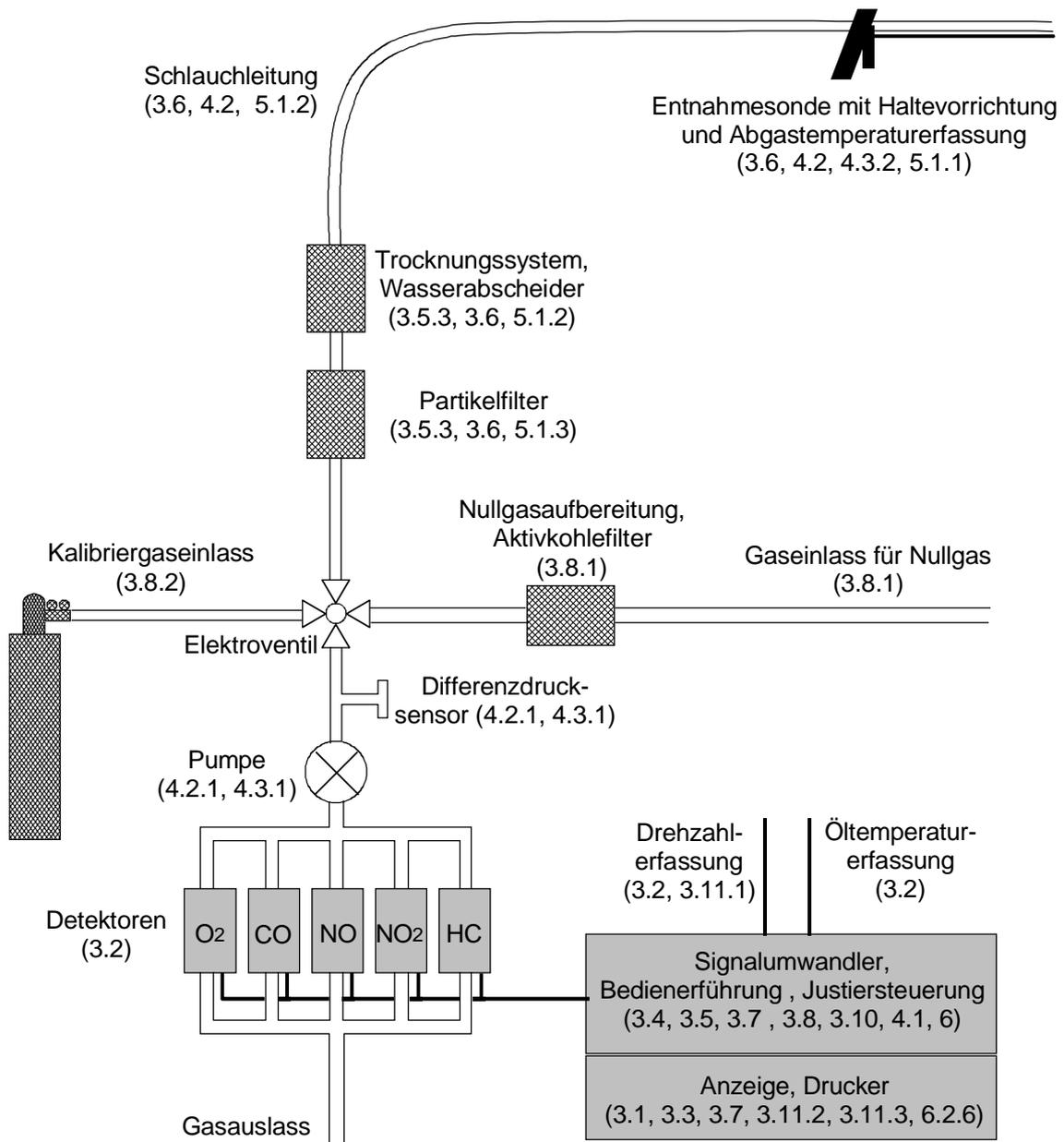


Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Abgasmessgeräts als Beispiel (die Nummern in den Klammern bezeichnen die Ziffern im Text).

### 3 Metrologische Anforderungen

#### 3.1 Messbereiche und Auflösung

Die Anzeigebereiche und ihre zugehörige Auflösung müssen mindestens den folgenden Werten entsprechen:

Abgasbestandteile	Anzeigebereich	Auflösung
O <sub>2</sub> 0 bis 210 mL/L	1 mL/L	
CO 0 bis 2000 µL/L <sup>12)</sup>	2 µL/L	
NO 0 bis 2000 µL/L	2 µL/L	
NO <sub>2</sub>	0 bis 500 µL/L	2 µL/L
HC 0 bis 2500 µL/L	2 µL/L	
Motorparameter	Anzeigebereich	Auflösung
Drehzahl	0 bis 6000 min <sup>-1</sup>	10 min <sup>-1</sup>
Abgastemperatur	0 bis 700 °C	2 °C
Motorenöltemperatur	0 bis 120 °C	1 °C

#### 3.2 Fehlergrenzen

Die folgenden Fehlergrenzen <sup>13)</sup> (es gilt der grössere Wert von a und b × Messwert) gelten sowohl unter Referenz- (Ziffer 3.5.1) als auch Bemessungsbedingungen (Ziffer 3.5.2):

Abgasbestandteile	a (absolut)	b (relativ)
O <sub>2</sub> 3 mL/L	3 %	
CO 20 µL/L	10 %	
NO 20 µL/L	10 %	
NO <sub>2</sub>	20 µL/L	10 %
HC 30 µL/L	5 %	
Motorparameter	a (absolut)	b (relativ)
Drehzahl	30 min <sup>-1</sup>	2 %
Abgastemperatur	15 °C	10 %
Motorenöltemperatur	2 °C	3 %

#### 3.3 Ausgabe der Messergebnisse

Die Ausgabe der Messergebnisse erfolgt auf einer Anzeige und einem Drucker. Die Anzeige und der Druck der Messergebnisse muss in SI-Einheiten <sup>14)</sup> erfolgen, eindeutig (Bezeichnungen) und gut leserlich (Zifferngrösse, Kontrast) sein. Der Druck des Belegs muss dauerhaft sein.

#### 3.4 Äquivalenzfaktor Propan/Hexan

Das Gerät muss HC in n-Hexan messen und kann mit Propan justiert werden. Daher muss bei jedem Gerät ein "C<sub>3</sub>/H<sub>6</sub>-Faktor" genannter Umrechnungsfaktor mit drei Stellen entweder als dauerhafte Aufschrift angegeben sein oder leicht angezeigt werden können.<sup>15)</sup>

<sup>12)</sup> Für den Volumenanteil wird anstelle der Einheit µL/L oft "ppm vol" verwendet.

<sup>13)</sup> VIM Ziffer 5.21

<sup>14)</sup> Einheiten-Verordnung vom 23. November 1994 (SR **941.202**)

<sup>15)</sup> Der Wert für diesen Faktor liegt üblicherweise zwischen 0,490 und 0,540.

### 3.5 Einflussgrößen <sup>16)</sup>

#### 3.5.1 Referenzbedingungen <sup>17)</sup>:

- |  |   |
|--|---|
| a) Temperatur  | (20 ± 5) °C                                   |
| b) Rel. Luftfeuchtigkeit                                     | (60 ± 10) % rF                                |
| c) Luftdruck   | stabile Umgebungsbedingungen                  |
| d) Vorhandensein von Einfluss<br>ausübenden Gasbestandteilen | keine ausser den Messgrößen in N <sub>2</sub> |

#### 3.5.2 Bemessungsbedingungen <sup>18)</sup>

- |                          |                    |
|--------------------------|--------------------|
| a) Temperatur            | (5 bis 40) °C      |
| b) Rel. Luftfeuchtigkeit | bis 90 % rF        |
| c) Luftdruck             | (760 bis 1030) hPa |

#### 3.5.3 Einfluss anderer Abgasbestandteile ausser der Messgrösse

Die Messung jeder Gaskomponente darf nicht um mehr als die Hälfte der Fehlergrenzen von anderen Abgasbestandteilen ausser der Messgrösse beeinflusst werden.

#### 3.5.4 Mechanische Stösse und Schwingungen

Nach mechanischen Stössen (Fallhöhe: 5 cm) und bei Schwingungen <sup>19)</sup> (Frequenzbereich 10 - 150 Hz, maximale Beschleunigung 20 m·s<sup>-2</sup>) dürfen keine groben Fehler auftreten, oder sie müssen vom Gerät als solche angezeigt werden.

#### 3.5.5 Elektromagnetische Störungen

Bei elektromagnetischen Störungen (SN EN 50082-2 <sup>20)</sup>) dürfen keine groben Fehler auftreten, oder sie müssen vom Gerät als solche angezeigt werden.

### 3.6 Einstelldauer <sup>21)</sup>

Bei der Messung von Gaskomponenten muss das Gerät 30 Sekunden nach der Beigabe des Gases an der Entnahmesonde zwischen 90 % und 95 % des Beharrungswerts anzeigen.

Bei der Messung von Temperaturen muss das Gerät 98 % des Beharrungswerts innerhalb von 100 Sekunden anzeigen.

### 3.7 Abtastrate

Das Gerät muss mindestens alle 2 s Messwerte erfassen und anzeigen können.

### 3.8 Justierung

Das Gerät muss mindestens folgende Funktionen zum Justieren besitzen:

#### 3.8.1 Justierung der Gasdetektoren mit Nullgas

Die Justierung mit Nullgas muss vor jeder Messung erfolgen.

---

16) VIM Ziffer 2.7

17) VIM Ziffer 5.7

18) VIM Ziffer 5.5

19) IEC-Publikation 60068-2-31. 1. Auflage, 1969: "Basic environmental testing procedures", Teil 2: Prüfungen, Prüfung Cc: "Drop and topple (procedure: Dropping on to a face)". IEC-Publikation 60068-2-6. 3. Auflage 1995: "Environmental testing - Part 2: Tests, Test Fc: Vibration (sinusoidal)".

20) SN EN 50082-2: 1995; Elektromagnetische Verträglichkeit, Fachgrundnorm Störfestigkeit, Teil 2: Industriebereich.

21) VIM Ziffer 5.17

### 3.8.2 Justierung der Gasdetektoren mit Kalibriergas

Die Justierung mit Kalibriergasen muss vom Gerät in geeigneten Abständen (Justierintervall) und mindestens einmal pro Jahr automatisch verlangt werden<sup>22)</sup>. Das Messgerät muss die Messung verweigern, wenn das Justierintervall abgelaufen ist.

### 3.9 Messbeständigkeit<sup>23)</sup>

Die Messbeständigkeit in Bezug auf die Fehlergrenzen muss über die Dauer des Justierintervalls gewährleistet sein.

### 3.10 Anwärmzeit

Die Anwärmzeit darf höchstens 15 Minuten betragen.

### 3.11 Vorkehrungen zu Kontrollzwecken

#### 3.11.1 Drehzahlerfassung

Das Gerät muss über einen Signaleingang verfügen (z. B. BNC-Stecker), mit dem die Drehzahl mit einem periodischen Spannungssignal zwischen 5 V und 15 V erfasst werden kann.

#### 3.11.2 Kontinuierliche Messung

Neben dem automatischen Messablauf nach Ziffer 6 muss das Gerät über eine kontinuierliche Messfunktion und Anzeige verfügen.

#### 3.11.3 Anzeige negativer Werte

Das Gerät muss in der Nähe von Null negative Werte anzeigen können.

## 4 Anforderungen an die Funktionssicherheit

### 4.1 Allgemeines

4.1.1 Alle Einrichtungen zur Justierung müssen so konstruiert sein, dass sie mechanisch oder softwaremässig gesichert werden können.

4.1.2 Die Software zur Steuerung des Ablaufs und der Datenverarbeitung muss durch die Ausgabe von Erstellungsdatum, Versionsbezeichnung und Checksumme identifizierbar resp. prüfbar sein.

### 4.2 Kontrolleinrichtungen Typ I

#### 4.2.1 Leckprüfung (Typ I)

Das Gasführungssystem muss so dicht sein, dass das Messergebnis durch die Verdünnung mit Umgebungsluft höchstens um die Hälfte der Fehlergrenze verfälscht wird. Das Gerät muss täglich ein ausreichend genaues Leckprüfverfahren verlangen, mit dem unzulässige Lecks erkannt werden können. Beim Auftreten solcher Lecks muss das Gerät Messungen verhindern.

#### 4.2.2 Prüfung auf HC-Reste (Typ I)

Bei der Prüfung des HC-Restwerts<sup>24)</sup> wird die Anzeige von n-Hexan ermittelt, wenn die Entnahmesonde in Umgebungsluft gehalten wird. Das Gerät muss die Messung verweigern, wenn der HC-Restwert 20 µL/L n-Hexan übersteigt.

<sup>22)</sup> Eine Warnvorrichtung, die eine bald erforderliche Justierung ankündigt, kann vorgesehen werden.

<sup>23)</sup> VIM Ziffer 5.14

<sup>24)</sup> Bestimmung der Abgabe von HC aus Entnahmesonde, Schlauchleitung und Partikelfilter.

### **4.3 Kontrolleinrichtungen Typ P**

#### **4.3.1 Prüfung des Mindestdurchflusses (Typ P)**

Wenn der Gasdurchfluss so weit abnimmt, dass die zulässige Einstelldauer überschritten wird oder der Messwert um die Hälfte der Fehlergrenze verfälscht wird, muss das Gerät die Messung verhindern.

#### **4.3.2 Temperaturüberwachung des Abgases (Typ P)**

Das Messgerät muss den Benutzer warnen oder die Messung verweigern, wenn die Abgastemperatur 800 °C übersteigt.<sup>25)</sup>

## **5 Konstruktive Anforderungen**

### **5.1 Anforderungen an das Gasführungssystem**

- 5.1.1 Die Entnahmesonde muss mindestens 30 cm in das Auspuffrohr des Motors eingeführt und mit einer Halteeinrichtung befestigt werden können.
- 5.1.2 Das Gasführungssystem muss so ausgelegt sein, dass ausser in einem Wasserabscheider an keinem Punkt Wasser kondensiert. Dies ist gewährleistet, wenn die Abgastemperatur bei Bemessungsbedingungen im gesamten System nie unter 50 °C sinkt.
- 5.1.3 Das Gasführungssystem muss eine Filtereinheit besitzen, die Teilchen mit einem Durchmesser > 5 µm abscheidet. Der Filter muss ohne Spezialwerkzeug leicht ersetzbar sein.

### **5.2 Anforderungen an die Aufschriften**

- 5.2.1 Das Gerät muss mindestens folgende Aufschriften enthalten:
  - Name des Herstellers
  - Gerätebezeichnung
  - Baujahr
  - Seriennummer des Instruments
  - Nummer des Konformitätszertifikats
- 5.2.2 Ausserdem muss der Wert des Propan-/Hexan-Äquivalenzfaktors am Gerät angebracht oder in der Anzeige abrufbar sein.

### **5.3 Bedienungsanleitung und Wartungsheft**

- 5.3.1 Zu jedem Gerät gehören eine Bedienungsanleitung und ein Wartungsheft in italienischer, französischer oder deutscher Sprache.
- 5.3.2 Im Wartungsheft ist das Protokollieren mindestens der folgenden Angaben vorzusehen: Geräteidentifikation, ausgeführte Arbeiten, Datum, Name des Prüfers und Unterschrift.

---

<sup>25)</sup> Bei der Regeneration (Abbrennen) von Russfiltern im Auspuffsystem von Dieselmotoren können kurzzeitig wesentlich höhere Temperaturen auftreten.

Das Protokoll kann in Form einer Checkliste gemäss folgendem Muster gestaltet sein:

Marke: .....		Typ: .....	
Serie Nr.: .....		Software Version: .....	
Nachkontrolle: <input type="checkbox"/>	Wartung: <input type="checkbox"/>	Reparatur: <input type="checkbox"/>	
n. i. O.		i. O.	
Justierung mit Kalibriergas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Temperaturfühler Abgas justiert		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Temperaturfühler Motorenöl justiert		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Partikelfilter gewechselt		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonde gereinigt		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sensor O <sub>2</sub> kontrolliert		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sensor NO kontrolliert		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sensor NO <sub>2</sub> kontrolliert		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar, Reparaturen: .....			
.....			
Firma: .....		Name: .....	
Datum: .....		Unterschrift: .....	

## 6 Anforderungen an den automatisierten Messablauf

Zur Beurteilung der Abgasemission wird in einem Ablauf (Messablauf) der Motor in verschiedene Betriebszustände gebracht. Die Abgasbestandteile und die Motorparameter werden für die verschiedenen Betriebszustände gemessen. Der Messablauf ist mittels Benutzerdialog weitgehend automatisiert. Die Messergebnisse für die Betriebszustände werden auf einem Beleg ausgedruckt.

### 6.1 Allgemeines

- 6.1.1 Der Messablauf muss ohne Unterbruch durchlaufen werden.
- 6.1.2 Wird die Messung in einen Betriebszustand verworfen, wird der ganze Messablauf verworfen.
- 6.1.3 Der Benutzer kann die Messung eines Betriebszustandes weglassen. Der Messablauf ist dann unvollständig.
- 6.1.4 Der Benutzer kann den Messablauf jederzeit abbrechen.
- 6.1.5 Der Beleg eines verworfenen, unvollständigen oder abgebrochenen Messablaufs wird mit einem entsprechenden gut lesbaren Hinweis versehen.

### 6.2 Messablauf

Der Messablauf setzt sich wie folgt zusammen:

- 6.2.1 Das Gerät führt mindestens die Kontrollen gemäss Ziffer 4.2 durch.
- 6.2.2 Das Gerät wird angeschlossen <sup>26)</sup>.
- 6.2.3 Betriebszustand tiefer Leerlauf: Der Motor wird unbelastet im tiefen Leerlauf gehalten. Sobald die Öltemperatur über 50 °C liegt und die Abgastemperatur sich weniger als 10 °C pro Minute ändert, beginnt die Messung. Sie dauert, bis

<sup>26)</sup> Sämtliche Anschlüsse werden bis zum Ende des Messablaufs am Motor respektive Auspuff belassen.

alle Abgasbestandteile und die Drehzahl 60 s lang um weniger als die Fehlergrenzen von ihren Mittelwerten abweichen. Als Messergebnis gelten die Mittelwerte der Abgasbestandteile und Motorparameter.

- 6.2.4 Betriebszustand oberer Leerlauf: Der Motor wird unbelastet im oberen Leerlauf (Abregeldrehzahl) gehalten. Die Messung dauert bis alle Abgasbestandteile und die Drehzahl 30 s lang um weniger als die Fehlergrenzen von ihren Mittelwerten abweichen. Als Ergebnis gelten die am Schluss gemessenen Werte der Abgasbestandteile und Motorparameter. Ist die Messung nach 3 Minuten nicht abgeschlossen, wird die Messung beendet und gilt als verworfen.
- 6.2.5 Betriebszustand Volllast: Der Motor wird bei einer motorspezifischen Drehzahl belastet. Die Messung dauert, bis alle Abgasbestandteile und die Drehzahl 30 s lang um weniger als die Fehlergrenzen von ihren Mittelwerten abweichen. Als Ergebnis gelten die am Schluss gemessenen Werte der Abgasbestandteile und Motorparameter. Ist die Messung nach 4 Minuten nicht abgeschlossen, wird die Messung beendet und gilt als verworfen.
- 6.2.6 Am Schluss des Messablaufs wird automatisch ein Beleg im Doppel angefertigt. Er muss mindestens folgende Angaben enthalten:
- Datum und Zeit der Messung
  - Name und Adresse der Messstation
  - Name des Prüfers
  - Geräteidentifikation (z. B. Seriennummer)
  - Datenfeld zur Identifikation des Motors (z. B. Motor- oder Chassisnummer)
  - Datenfeld für Betriebsstunden oder Kilometerstand
  - Je Betriebszustand die Messergebnisse: Volumenanteile von O<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, HC; Drehzahl; Abgastemperatur; Motorenöltemperatur.

## Anhang 2

### Verfahren der Bauartprüfung

#### 1 Antrag zur Bauartprüfung

- 1.1 Der Antrag zur Bauartprüfung enthält folgende Angaben: Name und Adresse des Herstellers, Typenbezeichnung des Geräts.
- 1.2 Dem Antrag ist eine vollständige Dokumentation beizufügen. Sie umfasst:
- eine Beschreibung des Messprinzips,
  - ein Verzeichnis der wesentlichen Bestandteile,
  - eine Beschreibung der Bestandteile mit Prinzipschemas, Konstruktionszeichnungen und Schaltplänen,
  - die Softwaredaten mit Flussdiagrammen, Auswertungsalgorithmen und Beschreibung aller Funktionen,
  - die Bedienungsanleitung in deutscher, französischer oder italienischer Sprache, wie sie dem Benutzer übergeben wird, und
  - die Prüfprotokolle anerkannter Prüfstellen, welche bei der Beurteilung der Bauart berücksichtigt werden sollen.
- 1.3 Für die Bauartprüfung muss METAS ein vollständig ausgerüstetes und funktionstüchtiges Gerät vorgelegt werden. Dieses wird nach der Bauartprüfung als Referenzgerät im METAS aufbewahrt.
- 1.4 Mit der Bauartprüfung wird begonnen, wenn alle verlangten Unterlagen eingereicht wurden.

#### 2 Bauartprüfung der Geräte

- 2.1 Die Bauartprüfung besteht aus untenstehenden Punkten. Das Vorgehen der einzelnen Prüfungen ist unter Ziffer 3 im Detail beschrieben.

Prüfung	Ziffer	Prüfende Stelle
Kalibrierkurve Gase, Temperaturen, Drehzahl	3.1	METAS
Äquivalenzfaktor Propan/Hexan	3.2	Labor
Kälte und Anwärmzeit	3.3	Labor
Wärme bei hoher Feuchtigkeit	3.4	Labor
Luftdruck	3.5	Labor
Querempfindlichkeit	3.6	METAS
Mechanische Stöße	3.7	Labor
Mechanische Schwingungen	3.8	Labor
Netzschwankungen	3.9	Labor
Elektromagnetische Störungen	3.10	Labor
Einstelldauer und Abtaste Gaskanäle	3.11	METAS
Einstelldauer und Abtaste Temperaturkanäle	3.12	Labor
Messbeständigkeit	3.13	METAS
HC-Rest	3.14	Labor
Leckprüfung	3.15	Labor
Minstdurchflussmenge	3.16	Labor
Praxistest und Bedienerführung	3.17	METAS

- 2.2 Die mit METAS markierten Prüfungen werden in der Regel am METAS durchgeführt. METAS kann Resultate anerkannter Stellen übernehmen, wenn die Prüfungen gemäss der vorliegenden Richtlinie erfolgten und die vollständigen Prüfprotokolle dem Antrag beigelegt sind.
- 2.3 Die mit "Labor" markierten Prüfungen kann der Messgerätehersteller selber durchführen oder durch einen Dritten durchführen lassen (Selbstdeklaration). METAS anerkennt die Resultate, wenn die Prüfungen gemäss der vorliegenden Richtlinie erfolgten und die vollständigen Prüfprotokolle dem Antrag beigelegt sind.
- 2.4 METAS behält sich vor, Prüfungen anderer Stellen stichprobenweise zu wiederholen.

### 3 Beschreibung der einzelnen Prüfungen

Für die Prüfung der Gasdetektoren werden – soweit nicht anders festgelegt – zwei Kalibriergase mit folgenden typischen Zusammensetzungen <sup>27)</sup> verwendet:

Gasgemisch	Messgas	Nennbereiche
Gemisch 1	CO	(500 bis 1000) µL/L
	NO	(500 bis 1000) µL/L
	HC (als n-Hexan) <sup>28)</sup>	(500 bis 1500) µL/L
	N <sub>2</sub>	Rest
Gemisch 2	NO <sub>2</sub>	(80 bis 120) µL/L
	O <sub>2</sub>	(70 bis 130) mL/L
	N <sub>2</sub>	Rest

Die Prüfung der Sensoren für die Motorparameter erfolgt bei Werten innerhalb der folgenden Parameterbereiche:

Motorparameter	Wertebereich
Drehzahl	(500 bis 3000) min <sup>-1</sup>
Abgastemperatur	(20 bis 500) °C
Motorenöltemperatur	(20 bis 100) °C

#### 3.1 Kalibrierkurve

Die Messabweichungen des Geräts werden unter Referenzbedingungen für jedes Messgas einzeln und für mindestens drei Werte im jeweiligen Messbereich bestimmt.

<sup>27)</sup> Die Konzentrationen der Kalibriergase werden als Stoffmengenanteile (mol/mol) angegeben. Bei allen Prüfungen werden die Kalibriergase als ideal betrachtet und der Volumenanteil dem Stoffmengenanteil gleichgesetzt.

<sup>28)</sup> Ausser für die Bestimmung des Äquivalenzfaktors Propan/Hexan kann für jede Funktionsprüfung Propan als HC-Bestandteil des Kalibriergases verwendet werden.

## 3.1.1 Kalibrierkurve für die Gase

Messgas	Werte der Messgrößen		
O <sub>2</sub>	50 mL/L	90 mL/L	130 mL/L
CO	250 µL/L	800 µL/L	1800 µL/L
NO	250 µL/L	800 µL/L	1800 µL/L
NO <sub>2</sub>	50 µL/L	150 µL/L	400 µL/L
HC (als n-Hexan)	300 µL/L	1000 µL/L	2000 µL/L

## 3.1.2 Kalibrierkurve für die Temperaturen

Messgröße	Werte der Messgröße		
Abgastemperatur	200 °C	400 °C	600 °C
Motorenöltemperatur	60 °C	80 °C	100 °C

## 3.1.3 Kalibrierkurve für die Drehzahl

Messgröße	Werte der Messgröße		
Drehzahl	750 min <sup>-1</sup>	1500 min <sup>-1</sup>	3000 min <sup>-1</sup>

## 3.2 Äquivalenzfaktor Propan/Hexan

Der Wert des durchschnittlichen Propan-/Hexan-Äquivalenzfaktors wird wie folgt geprüft:

- Gerät gemäss Bedienungsanleitung unter Verwendung des vom Hersteller angegebenen Äquivalenzfaktors und der vom Hersteller empfohlenen Stoffmengenanteile für Propankalibriergase einstellen,
- eine Messung bei jedem der folgenden Stoffmengenanteile für Kalibriergas mit Hexan vornehmen: 100 µL/L Hexan und 1000 µL/L Hexan.

3.3 Kälte und Anwärmzeit <sup>29)</sup>

Diese Prüfung besteht darin, dass das Gerät unter "Freiluft"-Bedingungen (d. h. bei zirkulierender Luft) einer Temperatur von 5 °C ausgesetzt wird. Während der Erwärmung und der Abkühlung des Geräts darf die Temperaturänderung 1 °C/min nicht überschreiten. Die Prüfung beginnt nach der thermischen Stabilisierung.

Das Gerät wird eingeschaltet und der Ablauf der automatischen Anwärm Sperre kontrolliert. Unmittelbar danach werden Messungen durchgeführt. Weitere Messungen mit Kalibriergas folgen nach 5, 10 und 30 Minuten nach der Freigabe der Messung.

3.4 Wärme bei hoher Feuchtigkeit <sup>30)</sup>

Diese Prüfung besteht darin, dass das Gerät 48 Stunden lang einer konstan-

<sup>29)</sup> IEC-Publikation 60068-2-1, 4 ed., 1974: "Basic environmental testing procedures", Part 2: Tests, test Ad: "Cold for heat dissipating EUT with gradual change of temperature". Grundlagen über Prüfungen bei Kälte sind in der IEC-Publikation 60068-3-1, 1 ed., 1974, unter der ersten Ergänzung 60068-3-1A, 1978, Part 3: Background information, Section one: "Cold and dry heat tests" enthalten.

<sup>30)</sup> IEC-Publikation 60068-2-3, 3 ed., 1969: "Basic environmental testing procedures", Part 2: Tests, test Ca: "Damp heat, steady state". Grundlagen über Prüfungen bei feuchter Wärme sind in der IEC-Publikation 60068-2-28: "Guidance for damp heat tests", 2 ed., 1980, enthalten.

ten Temperatur von 40 °C und einer konstanten relativen Feuchte von 90 % ausgesetzt wird. Dies muss so erfolgen, dass kein Wasser auf dem Gerät kondensiert. Während der Prüfung werden zirka alle 12 Stunden Messungen vorgenommen.

### 3.5 Luftdruck

Für die Prüfungen erfolgt eine Einstellung des Geräts bei Umgebungsdruck. Für die Messungen wird der Druck im Gasführungssystem innerhalb von 2 Stunden auf Werte von 1000 hPa, 900 hPa bzw. 800 hPa eingestellt. Bei jedem Druckwert werden Messungen mit Kalibriergas durchgeführt.

### 3.6 Querempfindlichkeit

Für die Prüfung der Querempfindlichkeit wird das Gerät so eingestellt, dass negative Werte gemessen und angezeigt werden (vgl. Anhang 1, Ziffer 3.11.3). Die Messwerte der Gasdetektoren bei reinem N<sub>2</sub> und beim jeweiligen Messgas in N<sub>2</sub> werden mit den Messwerten bei der Zufuhr jedes der folgenden Gase verglichen: 160 mL/L CO<sub>2</sub>; 1000 µL/L CO; 210 mL/L O<sub>2</sub>; 1000 µL/L H<sub>2</sub>; 1000 µL/L NO; 200 µL/L NO<sub>2</sub>; 3000 µL/L HC (als n-Hexan); Wasserdampf bis zur Sättigung.

### 3.7 Mechanische Stöße <sup>31)</sup>

Das Gerät wird in seiner üblichen Gebrauchslage auf einer starren Oberfläche aufgestellt. Es wird an einer Unterkante angehoben, dann lässt man es frei auf die Prüffläche fallen. Alle Abdeckungen des Geräts müssen sich an ihrem Platz befinden und richtig angebracht sein. Die Fallhöhe beträgt 50 mm. Der Fallversuch wird je Unterkante zwei Mal wiederholt. Vor und nach der Prüfung werden Messungen vorgenommen.

### 3.8 Mechanische Schwingungen <sup>32)</sup>

Das Gerät wird in seiner üblichen Gebrauchslage auf einer starren Oberfläche befestigt. Die Prüfung wird nacheinander bei Schwingungen längs den drei Hauptachsen durchgeführt. Bei einem Messzyklus wird der Frequenzbereich von 10 bis 150 Hz mit 1 Oktave/Minute mit der maximalen Beschleunigung von 20 m/s<sup>2</sup> durchfahren. Der Messzyklus wird 20 Mal wiederholt. Das Gerät bleibt während der Prüfung eingeschaltet. Vor und nach der Prüfung werden Messungen vorgenommen.

### 3.9 Netzschwankungen

Das Gerät wird nacheinander bei Abweichungen von +10 % und -15 % zum Nennwert der Spannung und von ± 2 % zum Nennwert der Frequenz betrieben. Währenddessen werden Messungen durchgeführt.

### 3.10 Elektromagnetische Störungen

Die Prüfungen der Elektromagnetischen Verträglichkeit erfolgen gemäss den

<sup>31)</sup> IEC-Publikation 60068-2-31. 1 ed., 1969: "Basic environmental testing procedures", Teil 2: Prüfungen, Prüfung Cc: "Drop and topple (procedure: Dropping on to a face)".

<sup>32)</sup> IEC-Publikation 60068-2-6. 3. Auflage 1995: "Environmental testing - Part 2: Tests, Test Fc: Vibration (sinusoidal).

Verfahren, welche in der Norm SN EN 50082-2<sup>33)</sup> in den Tabellen 1 bis 6 und in den Tabellen A.1 bis A.4 beschrieben sind. Während der Prüfungen werden Messungen vorgenommen.

### **3.11 Einstelldauer und Abtastrate der Gaskanäle**

Der Entnahmesonde wird ein erstes Gasgemisch zugeführt und das Gerät misst kontinuierlich. Es wird rasch von der Zuleitung des ersten auf die Zuleitung eines zweiten Gasgemisches umgeschaltet und die Zeit bis zur Anzeige von 90 und 95 % des Beharrungswerts gemessen. Als Gasgemische werden Null- Kalibriergase verwendet. Die Prüfung wird mit zu- und abnehmenden Konzentrationen durchgeführt.

### **3.12 Einstelldauer und Abtastrate der Temperaturkanäle**

Der Temperaturfühler wird von der Umgebungstemperatur rasch in ein Medium anderer Temperatur gebracht und die Zeit bis zur Anzeige von 98 % des Beharrungswerts gemessen. Die Prüfung mit dem Fühler für die Abgastemperatur wird in einem gasförmigen Medium und jene mit dem Fühler für die Öltemperatur in einem flüssigen Medium durchgeführt.

### **3.13 Messbeständigkeit**

Der erste Teil der Prüfung wird nach einer Justierung mit Kalibriergas durchgeführt. Während zwei Stunden nach der Anwärmzeit werden unter Referenzbedingungen Messungen mit Kalibriergas vorgenommen.

Der zweite Teil der Prüfung wird nach Ablauf aller anderen Prüfungen, aber vor der nächsten vom Gerät verlangten Justierung durchgeführt. Während einer Stunde nach der Anwärmzeit werden unter Referenzbedingungen Messungen mit Kalibriergas vorgenommen.

### **3.14 HC-Rest**

Dem Gerät wird während der HC-Rückstandskontrolle durch die Entnahmesonde Luft zugeführt, welche HC enthält.

### **3.15 Leckprüfung**

Im Gasführungssystem wird im Bereich, wo ein Leck den grössten Einfluss auf die Messung hat, künstlich ein einstellbares Leck hergestellt. Das Leck wird so eingestellt, dass der Lecktest noch ohne Fehlermeldung durchgeführt werden kann. Der Entnahmesonde wird ein Kalibriergas zugeführt. Es werden Messungen bei geschlossenem und offenem künstlichem Leck durchgeführt.

### **3.16 Mindestdurchflussmenge**

Der Entnahmesonde wird anfangs mehr Kalibriergas zugeführt, als das Messgerät fordert. Während einer kontinuierlichen Messung wird die Gaszufuhr verringert bis die Anzeige auf Mindestdurchfluss anspricht.

---

<sup>33)</sup> SN EN 50082-2: 1995; Elektromagnetische Verträglichkeit, Fachgrundnorm Störfestigkeit, Teil 2: Industriebereich.

**3.17 Praxistest und Bedienerführung**

Es werden Messungen an einem Dieselmotor während mindestens 4 Stunden durchgeführt. Bewertungskriterien bei der Prüfung sind:

- a) der korrekte Ablauf der Messung,
- b) das Ausbleiben von Kondensat in der Messtechnik,
- c) ausreichende Filterung von Rauchpartikel.

## Anhang 3

## Erst- und Nachkontrolle

**1 Erstkontrolle**

Bei einer Erstkontrolle müssen folgende Prüfungen durchgeführt werden:

- 1.1 Feststellung der Übereinstimmung mit der geprüften Bauart. Es dürfen nur Messgeräte, welche der vorliegenden Richtlinie genügen, kontrolliert werden.
- 1.2 Alle Prüfungen einer Nachkontrolle.

**2 Nachkontrolle**

Die Geräte müssen den gleichen Anforderungen wie bei der Bauartprüfung genügen.

- 2.1 Die Messabweichung der Gasetektoren werden in den folgenden Nennbereichen mit zwei Kalibriergasen mit folgenden Unsicherheiten bestimmt:

Kalibriergas	Nennbereiche	Unsicherheit <sup>34)</sup>
1	CO (500 bis 1500) $\mu\text{L/L}$	2 %
	NO (500 bis 1500) $\mu\text{L/L}$	2 %
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (Propan)	(500 bis 2000) $\mu\text{L/L}$ 2 %
2	NO <sub>2</sub>	(50 bis 200) $\mu\text{L/L}$ 2 %
	O <sub>2</sub> (50 bis 150) mL/L	1 %

- 2.2 Prüfung auf Anzeige des Mindestdurchflusses.
- 2.3 Prüfung der Einstelldauer der NO, NO<sub>2</sub>, CO- und O<sub>2</sub>-Detektoren.
- 2.4 Die Messabweichung für die Drehzahlmessung wird an mindestens drei Punkten im Nennbereich von 500 min<sup>-1</sup> bis 6000 min<sup>-1</sup> mit einem rückverfolgbaren Drehzahlsimulator mit einer relativen Unsicherheit nicht grösser als 0,5 % bestimmt.
- 2.5 Die Messabweichung für die Temperaturmessung wird an mindestens einem Punkt im Nennbereich zwischen 20 °C und 100 °C mit einem rückverfolgbaren Normal mit einer Unsicherheit nicht grösser als 2 °C bestimmt.

<sup>34)</sup> Die Werte müssen mit 95 % Wahrscheinlichkeit innerhalb der angegebenen Unsicherheiten liegen.